

기술자료

해수담수화설비의 전처리방안에서 Beach Well Intake 방법의 적용성 검토

A Study for Adaptability of Beach Well Intake System
as a Pre-treatment Method of Seawater Desalination Plant



글 | 李英珪
(Lee, Young Kyu)

토목시공기술사,
한라 OMS주식회사 토목사업본부 본부장.
E-mail : yklee@hallasanup.com

According to increasing demand of water mainly due to the growth of population and increased water consumption, many countries either face or worry about the shortage of fresh water. Proportionately, importance and efforts of each country to develop the potable water has been gradually increasing as well. Among others, desalination of seawater has been developed to one of the solutions mainly from the middle east and other arid regions to produce large quantity of fresh water from seawater.

We installed beach seawater collector wells to develop the filtered seawater supply for desalination in a refinery. We came to a conclusion that the beach seawater collector well is one of the recommendable alternatives of seawater pre-treatment for desalination applications with lower operating cost and higher efficiency.

1. 개요

해수담수화 플랜트 기술은 최근 대두되기 시작한 물 부족 문제를 해결할 수자원확보기술로 부각되고 있으며, 2011년 이후의 세계시장은 연간 3조 원 규모로 예상되고 있다. 또한 최근 해수담수화 기술은 기존방식인 증발법에서 대용량 역삼투막(Reverse Osmosis Membrane ; ROM)을 이용하는 기술로 전환되는 시점에 있기 때문에 미래의 세계시장에 진출하기 위해서는 관련기술의 개발이 시급하게 요구된다.

이러한 상황에서 해수취수에 적용되고 있는 다양한 방법들은 결국 전체 플랜트의 안정성과 안정

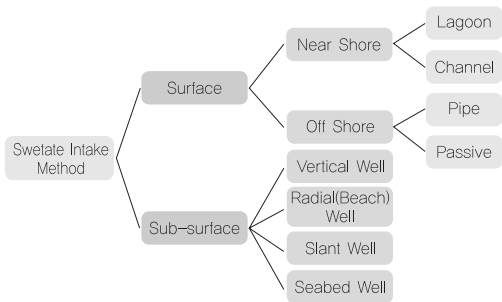
적인 공급에 중점을 두고 있으며, 안정적인 공급을 위한 인자로는 수량, 수질 그리고 온도 등이 있다. 이 중 취수공정은 해수담수화 플랜트에 있어서 가장 최초의 공정으로써 최근에는 취수공정의 설계 및 시공이 전체 플랜트의 공사비와 유지관리에 끼치는 영향은 매우 크다.

이런 해수 취수방법은 크게 Surface 방법과 Sub-surface 방법으로 나눌 수 있으며, Surface 방법은 다시 Near-shore Intake 방법과 Off-shore Intake 방법으로 나뉘고, Near-shore Intake 방법은 Lagoon과 수로(Channel)에 의한 방법으로, Off-shore Intake 방법은 Pipe 취수 및 Passive screen을 이용한 취수방법으로 나뉜다.

Sub-surface 방법은 수직집수정(Verticial Well), 방사형 집수정(Radial Well), Slant Well(Directed Horizontal Drilling) Well, Seabed Well로 나뉘며, 이중 수직집수정 방법은 지반 및 Aquifer Layer의 상태(민물과 해수의 경계층에 대한 조건) 그리고 취수량의 제한 등 많은 제약조건을 가지고 있어서 해수 취수방법으로는 최근 들어서 전세계적으로 적용이 감소하고 있는 실정이다.

또한, 방사형 집수정 방법도 비슷한 이유로 해안선에서 해양으로만 수평집수관을 매설하는 방사형 집수정의 개선형태인 Beach Well Type으로 전환하고 있다.

따라서, 본 내용에서는 다양한 Intake 방법을 소개하고, 간접취수 방법 중 Beach Well Type과 유사하게 적용된 국내 사례를 통해 Beach Well Intake방법의 발전 방향을 살펴보고자 한다.



〈그림 1〉 해수 취수 방법

2. Intake 방법

2.1 Surface Intake 방법

해수취수 방법 중 가장 보편적으로 쓰이는 방법으로 〈그림 1〉에서 보듯이 Near Shore 방법과 Off Shore 방법으로 나뉘 수 있으며, Near shore

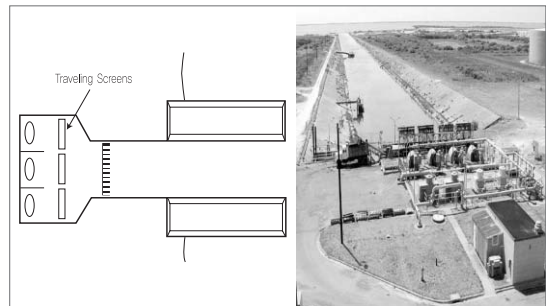
방법은 해안선을 기준으로 해안선을 따라 해수원수를 취수하여 Lagoon에 저류하는 방법과 Intake channel로 취수하는 방법이 있고, Off shore 방법은 해안선을 기준으로 근해 수중에서 해수를 취수하여 Intake Pipe(Intake Head/Cap)로 송수하는 방법과 Passive Screen에 의해 취수 후 송수하는 방법이 있으며, 이들 Surface Intake의 방법은 많은 수량을 확보할 수 있으나, 해수의 수질(해조류), 염도 그리고 온도 등의 변화에 민감하게 반응하는 등의 많은 제약이 있다. 한편, 기존의 증발법과 차이가 있는 역삼투막(ROM)을 이용하기도 하나 이는 막의 막힘(Fouling) 현상으로 인해 적용이 감소하고 있다.

하지만 Intake Head에 의한 Pipe 방법은 상기의 여러 제약에도 불구하고 지층의 지질조건에 제약이 없으며, 다른 Surface Intake에 비해 수질이나 수온이 안정적이어서 적용이 상당히 진행되고 있다.

2.1.1 Near shore Intake 방법

① 수로(Channel)

본 방법은 해안선 부근에 넓은 부지와 수온, 수질이 비교적 일정할 경우 쉽게 적용할 수 있는 방법으로 〈그림 2〉에서 보는 바와 같이 해수 유입부

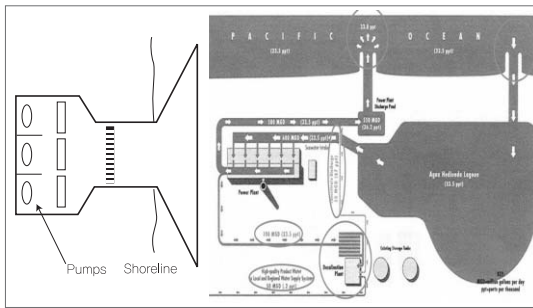


〈그림 2〉 수로 취수 방법

에 수로를 설치하여 일정 수량이 지속적으로 유입될 수 있게 하는 방법이다.

② Lagoon

본 방법은 수로방법에 비해 수온이나 수질이 일정하지 않을 경우 Lagoon을 조성하여 해수를 취수하는 것으로 <그림 3>과 같으며, Lagoon 설치 위해 해안 배후부지가 충분히 넓어야 한다.



<그림 3> Lagoon 취수 방법

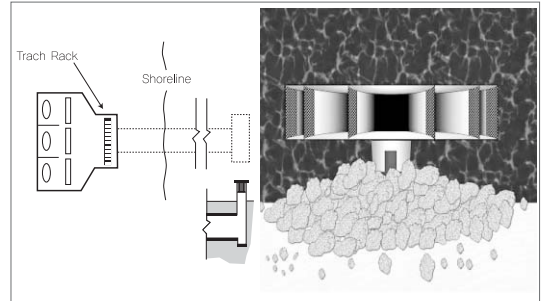
2.1.2 Off Shore Intake 방법

① Pipe(Vertical Intake Head/Cap)

본 방법은 해안선 부근에 수온, 수질이 일정하지 않거나, 부지가 협소하여 Lagoon이나 수로에 의한 Surface Intake와 같이 넓은 부지를 소요하는 방법을 적용할 수 없을 경우 사용하는 것으로 짧게는 해안선으로부터 수 십미터에서 길게는 해양심층수의 개념과 비슷하게 몇 백미터 떨어진 곳의 해저에서 취수하는 방법이다.

Pipe Intake 방법은 유입부에 Vertical Intake Head 또는 Cap을 설치하여 지상에 설치된 집수조(정)와 지하에 설치된 Pipe와의 수위차에 의한 압력차이로 Head 또는 Cap의 수차가 회전하면서 자연스럽게 해수원수가 Pipe로 유입될 수 있게 하

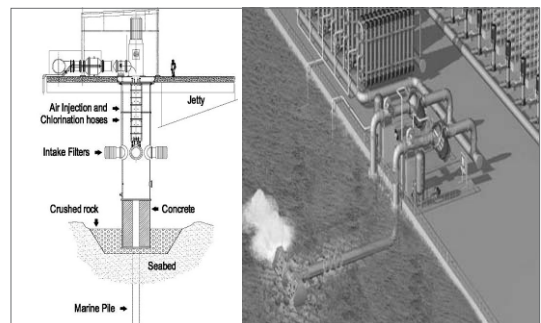
는 방법으로 <그림 4>에서 보는 바와 같다.



<그림 4> Pipe(Vertical Intake Head/Cap) 취수 방법

② Passive

본 방법은 해안선 부근의 수온은 비교적 일정하나, 수질이 일정하지 않고 부지가 협소하여 Lagoon이나 수로에 의한 Surface Intake와 같이 넓은 부지를 소요하는 방법을 적용할 수 없을 경우 사용하는 것으로 짧게는 해안선으로부터 수 십미터 떨어진 곳에 집수정을 설치하고, 집수정에 연결한 Intake Screen을 수중에 설치하거나, 길게는 몇 백미터 떨어진 곳의 해저에 Intake Screen을 설치하여 수동(강제)적으로 펌핑을 통해 취수하는 방법으로 <그림 5>와 같으며, 일정 수질을 안정적으로 공급하고자 하는데 그 목적이 있다.



<그림 5> Passive 취수 방법

하지만, 취수부가 수동(강제)적이어서 유지관리 하는데 많은 에너지가 소모되어 경제성은 Surface Seawater Intake 방법 중 가장 낮을 것으로 판단된다.

2.2 Sub-surface Intake 방법

해수담수화 중 증발법은 경제성, 수량확보 등 낮은 효율성의 문제가 있고 Membrane과 RO System의 발전으로 최근에는 역삼투막(ROM)법으로 공정이 변화하고 있으나 해수의 오염, 해수 온도의 상승 등 해수원수를 직접취수하여 해수담수화 공정을 설계하는데 어려움을 겪고 있다.

이런 이유로 Sub-surface Intake 방법이 최근에 많은 주목을 받고 있으며, 본 내용에서는 각 방법을 소개하고 Type별 비교를 하고자 한다.

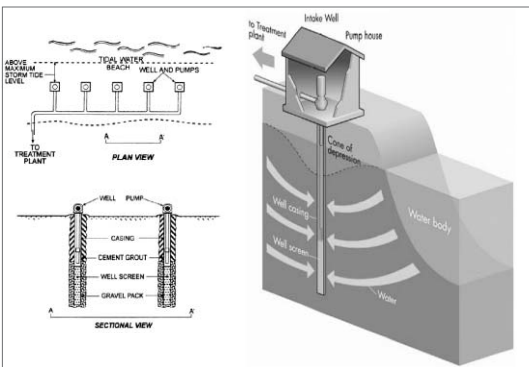
2.2.1 수직집수정(Vertical Well)

Sub-surface Intake방법 중 가장 쉬운 시공방법으로 지층구조에 모래지반이 적정하게 분포하고 있을 경우 적용하나, Well당 집수유량이 적고, 지층구조가 양호하더라도 대수층 중 민물(Sweet

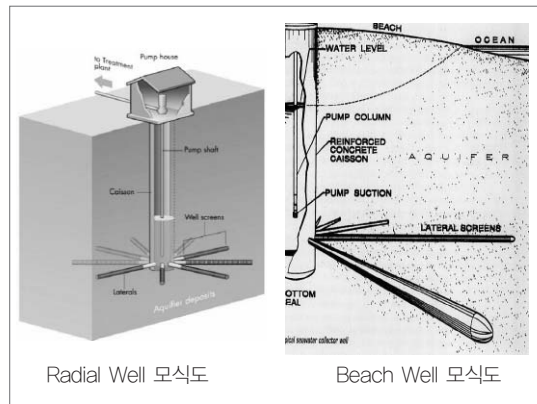
Water)층과 해수(Sea Water)층 간의 위치에 따라 그 사용이 제한적이며, 민물 대수층에서 취수할 경우 지하수의 수위저하로 인한 해안선 부근의 지반침하와 지하수로의 해수침투로 인한 주변 하천이나 우물의 염수화를 초래할 수 있으며, 구조는 <그림 6>과 같다.

2.2.2 방사형 집수정 [Radial(Beach) Well]

Sub-surface Intake방법의 하나인 방사형 집수정은 수직집수정과 비슷한 위치 및 지층에 설치할 경우 민물 대수층에서의 유입이 발생할 수 있으며, 오히려 가장 큰 이유는 수직집수정보다 대수층에서 유입되는 수량이 많아서 장기간 운전할 경우 주변의 지하환경 및 지반침하에 수직집수정보다 더 큰 영향을 끼칠 수 있어, 최근에는 수량을 충분히 확보할 수 있고, 주변환경에 영향을 최소화 할 수 있는 장점을 가진 해양 대수층에서만 집수할 수 있도록 하는 Beach Well Intake 방법을 많이 적용하고 있으며, 그 원리는 <그림 7>과 같다.



<그림 6> 수직집수정의 취수 방법

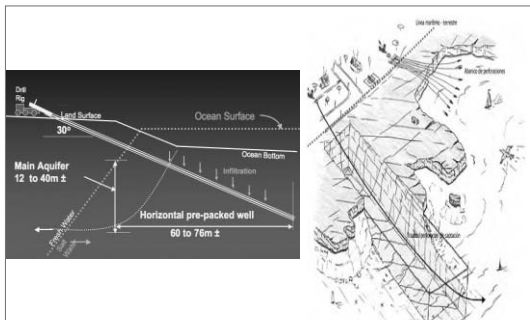


<그림 7> 방사형 집수정의 취수 방법

2.2.3 Slant(Directed Horizontal Drilling) Well

Slant Well 취수방법은 최근에 개발된 방법으로 해안에서 수평굴착장비를 활용하여 투수성이 확보되는 crack이나 fraction이 발달한 암반층을 굴착하여 집수관(Screen)을 매설하는 것으로, Beach Well을 적용하지 못할 경우에 사용하며 암반층에 집수관을 매설하여 해일 등의 경우에도 유실의 우려가 없다.

다만 석회암층에서 집수를 하는 경우 장기간 운전할 경우 집수관에 막힘/폐색의 주기가 Beach Well Intake 방법보다 짧다는 단점이 있으며, 그 원리는 <그림 8>과 같다.



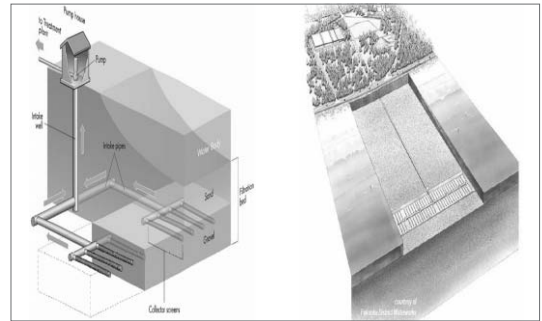
<그림 8> Slant(Directed Horizontal Drilling) Well 취수 방법

2.2.4 Seabed Well

Seabed Well Intake 방법은 최근 일본에서 시도된 것으로 Fukuoka 지역의 급수를 위해 50,000m³/day 규모의 해수담수화시설의 Intake 방법으로 고안된 것으로 Sub-surface Seawater Intake 방법 중 가장 이상적인 방법이며, 집수량도 대규모 플랜트에 안정적으로 공급할 수 있을 만큼 우수한 것으로 알려져 있다.

하지만, 시공비가 고가이며, 시공방법이 어렵

고, 집수관 내부를 모니터링 할 수 없다는 점에서 집수관의 막힘/폐색 현상이 발생할 경우 유지관리에 어려움이 따를 것으로 예상된다.



<그림 9> Seabed Well 취수 방법

3. 국내 시공사례

본 내용은 해수담수화를 목적으로 시공한 사례는 아니나, Beach Well Type과 유사한 공법으로 oo해수욕장부근 회센터의 수족관 용수공급을 목적으로 시공한 사례로 적절한 염도를 항상 유지할 수 있는 것이 특징이다.

하지만, 연구나 조사의 목적으로 실시한 사례와는 거리가 멀어 해수원수와 여과수와의 수질분석 자료가 없어 수질에 대한 부분은 추후 분석할 예정이며, Beach Well Type의 국내 시공사례로 간략하게 살펴보고자 한다.

3.1 사업개요

쾌적한 연안환경 조성과 청정 해수 공급을 통한 지역상가의 소득 증대를 목적으로 강원도와 oo시가 공동으로 민간을 지원하여 해수인입관을 정비

하는 프로그램을 활용하여 ○○해수욕장 인근 회센터 연합회가 예산을 배정 받아 해수인입관 정비사업을 추진함.

- ▷사업명 : ○○해수욕장 해수인입 추진 사업(민간 지원사업)
- ▷공사기간 : 2005.10.01~2006.05. 19(150일간)
- ▷발주처 : ○○해수욕장 해수인입 추진협의회, ○○시 해양수산과
- ▷사업량 : 집수정 및 해수 인입라인(7,700ton/일 규모) 1식, 해수공급 펌프실 및 공급라인 1식 (개별공급 system)
 - 집수정 : 4,000×4,700×15M
 - 인입라인 : 150A 고압강관 2개라인(70M×2LINE = 140M)
 - 펌프실 : 철근콘크리트조(12.5×2.4×2.5H), PUMP 2HP 30SET
 - 공급라인 : PE 50A 15LINE(1,500M)

※ ○○해수욕장 백사장 내에 설치되어 집수정 및 펌프실, 배관라인이 모두 지하에 매설되어 지상 노출 부분이 없어 미관상 문제가 없고, 안전성도 확보됨.

3.2 유지관리

- 수평 집수관의 시공거리가 70m로 해안선의 전진 후퇴와 무관하게 항상 해안선 바깥에 위치함으로써 염도저하가 문제되지 않음.
- 태풍이나 파랑등으로 해상의 기후 변화가 심각하여도 유입량, 유입염도, 유입수의 수질 변동은 없음.
- 유입수온은 동절기는 해수 원수보다 수온이

따뜻하고 (해수원수 3~4℃, 시스템 공급수 7~8℃) 하절기에는 혹서기를 제외하고는 해수원수보다는 2~3℃정도 낮아 연간 수온의 변화폭이 크지 않고 일정하여 안정적임.

3.3 사례정리 및 발전 방향

본 사례는 해수를 Sub-surface Intake Type으로 국내에서 최초로 실시하였고, 성공적으로 유지되고 있으며 현재까지도 국내에서는 이 시설 이외에는 그 사례를 찾아볼 수 없다는데 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

또한, 현장조사 결과 지역주민들의 반응도 기존 방법과 비교해서 활어의 상태나 모래유입, 수질, 수량, 온도 등 여러 가지 면에서 경험적으로 우수하다는 반응을 보였다.

따라서, 본 사례의 지속적인 모니터링을 통하여 수량, 수질 그리고 온도에 대한 분석을 하여 Beach Well Intake System의 최적 설계 방안을 모색해 나가야 하며, 국외의 Beach Well Type의 적용사례를 보면 지리적 조건에 부합할 경우에만 선택적으로 이루어지고 있는 실정이어서 해안의 침식 등과 같이 해변 생태계가 파괴되어 적용이 불리한 지형에서도 본 기술을 적용할 수 있도록 모래질의 퇴적에 따른 사업의 가능성 여부, 그리고 장기운전에 따른 해수대수층과 민물대수층에 대한 영향을 고려하는 등의 지속적인 연구를 통하여 국내외 담수화사업에 있어서 공정최적화, 안정성 그리고 환경성을 갖춘 기술로 개발하면 그 활용도가 매우 클 것으로 보인다.

(원고접수일 2009년 9월 18일)